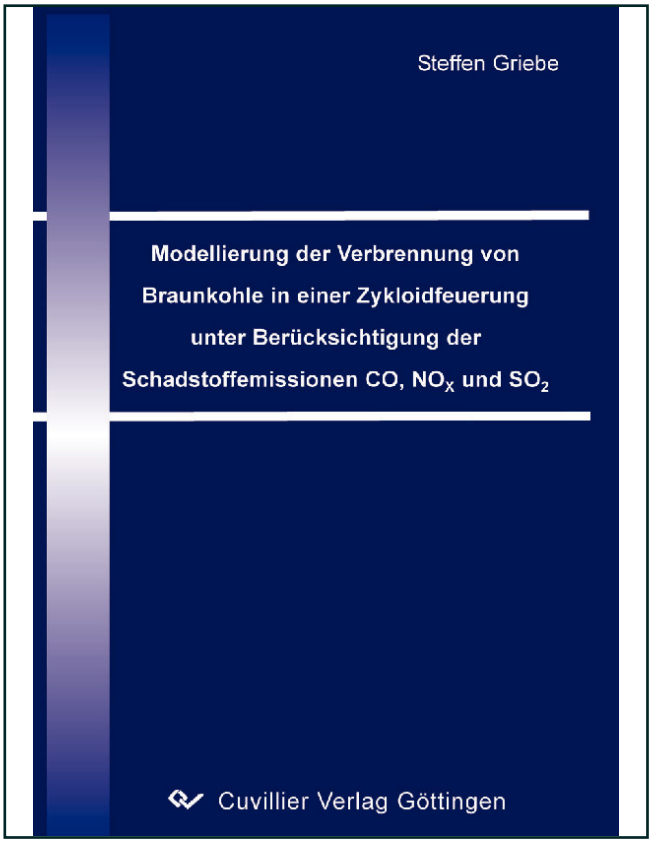
Steffen Griebe (Autor)

Modellierung der Verbrennung von Braunkohle in einer Zykloidfeuerung unter Berücksichtigung der Schadstoffemissionen CO, NOX und SO2



https://cuvillier.de/de/shop/publications/1551

Copyright:
Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: https://cuvillier.de

Inhalt

Nomenklatur **IV**

1 Motivation und Aufgabenstellung **1**
1.1 Einleitung 1
1.2 Ausgangssituation der Zykloidfeuerung 3
1.3 Zielsetzungen und Abgrenzung 6
1.4 Herangehensweise und Lösungsstrategie 7

2 Grundlagen und Stand des Wissens **9**
2.1 Verbrennung von Braunkohle 9
2.1.1 Erwärmung und Trocknung 10
2.1.2 Entgasung und Verbrennung der flüchtigen Bestandteile 11
2.1.3 Abbrand des Restkokses 13
2.1.4 Ermittlung reaktionskinetischer Parameter 16
2.2 Schadstoffemissionen bei der Braunkohleverbrennung 19
2.2.1 Kohlenmonoxidemissionen 19
2.2.2 Bildung und Reduzierung der Stickoxidemissionen 21
2.2.3 Schwefeldioxidemissionen und Minderungsmaßnahmen 26
2.3 Modellierung des Verbrennungsvorgangs und der Schadstoffemissionen 28
2.3.1 Kohlenmonoxidumsatz 29
2.3.2 Einzelkornabbrand 31
2.3.3 Reaktionskinetische Modelle zur Stickoxidbildung und -minderung 34
2.3.4 Mathematische Beschreibung der Schwefeldioxidemissionen 37
2.4 Verbrennungsführung in Drallströmungen 38
2.4.1 Stand der Technik 38
2.4.2 Potentiale der Schadstoffminderungen 42

3 Modellierung der Zykloidfeuerung **46**
3.1 Modellvorstellungen zum Reaktortyp 46
3.1.1 Betrachtungen zum idealen und realen Vermischungsverhalten 47
3.1.2 Strömungstechnisch ideale Reaktoren 48
3.1.3 Verweilzeitverhalten strömungstechnisch idealer Reaktoren 50
3.1.4 Verweilzeitmodelle realer Reaktoren 56
3.2 Gesamtmodell des Reaktors 59
3.2.1 Modellstruktur als Rührkesselkaskade 60
3.2.2 Modellannahmen 61
3.2.3 Programmtechnische Umsetzung 62
3.3 Modellierung des Abbrandverlaufs von Braunkohlepartikeln 63
3.3.1 Aufheizung und Trocknung der Partikel 63

3.3.2 Freisetzung und Abbrand der flüchtigen Bestandteile 64
3.3.3 Einzelkornabbrand 66
3.3.4 Kohlenmonoxidumsatz 69
3.4 Modellierung der Stickoxidemissionen 69
3.4.1 Bildung von Stickstoffmonoxid 70
3.4.2 Reduktion von Stickstoffmonoxid 72
3.5 Modellierung der Schwefeldioxidemissionen 72
3.5.1 Schwefeldioxidbildung 73
3.5.2 Reduzierung durch Selbstentschwefelung 73
3.6 Bilanzgleichungen für das Reaktormodell 74
3.6.1 Flüchtige Bestandteile, Kohlenstoff und Sauerstoff 74
3.6.2 Kohlenmonoxid und Kohlendioxid 78
3.6.3 Stickstoffmonoxid 79
3.6.4 Schwefeldioxid 80

4 Experimentelle Untersuchungen 82
4.1 Beschreibung der Versuchsanlagen, Messtechnik und Brennstoffe 82
4.1.1 Thermogravimetrisches Analysesystem (TGA) 82
4.1.2 0,5 MW_{th}-Technikumanlage Zykloidfeuerung 83
4.1.3 Messtechnik 85
4.1.4 Lausitzer Trockenbraunkohle 86
4.2 Verweilzeitverhalten der Zykloidfeuerung 88
4.2.1 Tracermessungen an der Technikumanlage 88
4.2.2 Experimentelle Durchführung und Auswertemethode 90
4.2.3 Bestimmung charakteristischer Parameter und Ergebnisse 93
4.2.4 Schlussfolgerungen und Auswahl des Reaktortyps für den Modellansatz 99
4.3 Bestimmung reaktionskinetischer Parameter 100
4.3.1 Messungen mit dem thermogravimetrischen Analysesystem 100
4.3.2 Auswertung und Ermittlung reaktionskinetischer Parameter 102
4.3.3 Bestimmung der Reaktionsordnung 107
4.3.4 Vergleich mit Daten aus der Literatur 110
4.4 Verbrennungsverhalten und Schadstoffemissionen der Zykloidfeuerung 111
4.4.1 Lastbereich und Betriebsweise 111
4.4.2 Emissionsverhalten von Kohlenmonoxid und Stickstoffmonoxid 113
4.4.3 Schwefeldioxidemissionen und Selbstentschwefelung 116
4.4.4 Messungen radialer und vertikaler Gaskonzentrationen 118

5 Ergebnisse der Simulationsrechnungen und Parameterstudien 125
5.1 Vergleich der Simulationsergebnisse mit experimentellen Untersuchungen 125
5.1.1 Betrieb bei unterschiedlichen Lastzuständen 125
5.1.2 Einfluss der Verbrennungsluftzusammensetzung 128

5.1.3 Kohlenmonoxidkonzentration 131
5.1.4 Entstehung und Reduzierung von NO 133
5.1.5 Bildung von SO_2 und Selbstentschwefelung 136
5.1.6 Brennstoffzusammensetzung 138
5.2 Parameterstudien zur Optimierung der Verbrennungsführung 140
5.2.1 Analyse des Optimierungspotentials 140
5.2.2 Beeinflussung des Abbrandverlaufs 141
5.2.3 Auswirkungen auf die Stickoxidemissionen 144
5.2.4 Einflüsse auf die Selbstentschwefelung 146
5.2.5 Einflüsse der Reaktorgeometrie 148
5.2.6 Optimierungsvorschläge 150
5.3 Bewertung des Brennkammergesamtmodells 152
5.3.1 Beurteilung der verwendeten Modellansätze 152
5.3.2 Vorschläge zur Optimierung und Modellerweiterung 153
5.3.3 Ausblick auf Anwendungen des Gesamtmodells 154

6 Zusammenfassung 156

7 Literatur 159

Anhang
A1 Lösung der Bilanzgleichungen (3.87) und (3.90) 169
A2 Lösung der Bilanzgleichungen (3.96) und (3.97) 170